

Formation de l'esprit statistique et raisonnement statistique Que peut-on attendre de la didactique de la statistique ?

Jean-Claude Régnier

EA3727 « Savoirs, Diversité et Professionnalisation » Université Lumière Lyon2
Jean-claude.regnier@univ-lyon2.fr

Résumé :

L'objectif de cette communication est de poursuivre, dans un esprit de coopération, notre réflexion centrée sur le raisonnement statistique et la formation de l'esprit statistique. L'esprit statistique *naît lorsqu'on prend conscience de l'existence de fluctuation d'échantillonnage* (Programme de Seconde Juin 2000) et sa formation qui passe par une formation en statistique, requiert un certain renoncement à l'usage systématique de l'idée de *vérité* pour chercher à maîtriser celle de *vraisemblance* (Régnier 1998). Cette formation s'organise autour des activités fondamentales que sont la *modélisation statistique*, l'*analyse statistique* et l'*interprétation statistique*. Dans un précédent article (Régnier 2002), nous avons tenté d'aborder cette question et apporter quelques éléments d'éclaircissement. « *En France, l'absence de formation en statistique, dans les collèges, les lycées et de vastes secteurs de l'enseignement supérieur, conduit à des attitudes sociales aberrantes. (...)* » ce constat de Jean Dercourt (Acad. des Sc. 2000, p.ix) exprimé dans un rapport de l'Académie des Sciences, situe, d'une certaine façon, le contexte dans lequel nous cherchons à construire et à résoudre des problématiques relatives à la formation en statistique dans le champ de la didactique de la statistique et non dans celui de la didactique des statistiques.

En France, au sein de la communauté des didacticiens des mathématiques, des travaux pionniers fondateurs de la didactique de la statistique ont été lancés dans les années 70-80 par Guy Brousseau (École d'été Didactique des mathématiques 2003), Yves Chevallard (Chevallard, 1978) et Claudine Blanchard-Laville (Blanchard-Laville, 1980, 1981).

En Espagne, le « Grupo de Investigación en Educación Estadística » de l'Université de Grenade a conduit des travaux dont Carmen Batanero (Batanero 2001) rend compte dans l'ouvrage *Didáctica de la Estadística*.

Nous tenterons de faire le point sur les travaux relevant du champ de la didactique de la statistique afin d'identifier les problématiques autour desquelles ils s'organisent, les avancées repérables et les paradigmes mis en œuvre.

Introduction

Pour aborder cette question de la formation de l'esprit statistique et du raisonnement statistique, nous avons tenté de prendre appui sur le cadre théorique adopté par Guy Brousseau dans *Situations fondamentales et processus génétiques de la statistique*.

En fait nous partons d'une finalité de la formation en statistique, celle de la formation de l'esprit statistique, pour remonter aux conditions suffisamment favorables à son développement. Notre réflexion dans le champ de la didactique

est articulée à notre pratique d'enseignement de la statistique en milieu universitaire, à notre pratique d'usager de la statistique, et de manière beaucoup réduite à celle de chercheur en statistique.

La didactique de la statistique est entendue comme cadre théorique d'étude des processus de communication, de diffusion et d'acquisition de la statistique, notamment en situation scolaire ou universitaire, qui ne peut être réduite à la statistique. Ici nous ne chercherons pas à discuter si la didactique de la statistique est une branche de la didactique des mathématiques ou si elle est une composante autonome du champ des didactiques disciplinaires. En tout cas, elle mobilise une part importante des concepts élaborés dans le champ de la didactique des mathématiques. D'ores et déjà, nous remarquons qu'un point d'articulation entre les deux champs concernés peut apparaître autour du domaine de la statistique mathématique. Cette dernière fait partie des mathématiques. Cependant c'est dans les rôles respectifs que la statistique mathématique et les mathématiques vont jouer en tant que disciplines outils que nous trouvons une différence. Ainsi les mathématiques assurent la *cohérence interne* dans les modèles des sciences qui y recourent, tandis que la statistique mathématique a plutôt pour visée de juger de l'adéquation des modèles à la réalité, c'est à dire d'en assurer la *cohérence externe*.

La statistique considérée comme une science construite par les êtres humains tout au long des siècles et même des millénaires, est aussi un objet d'apprentissage, en particulier dans le cadre d'un enseignement scolaire ou universitaire mais aussi dans celui de la formation continue.

La question de la formation en statistique est une question récurrente comme les historiens de la statistique nous le montrent (Régner 2002). Bernard Parzysz a conduit une étude intéressante sur l'évolution de l'enseignement de la statistique et des probabilités en France sur la période 1965-2002 (Parzysz 2003). Il met en évidence la concurrence entre l'option laplacienne et l'option fréquentiste.

Le but de l'approche de Guy Brousseau est de rechercher ce qu'il appelle : *situation fondamentale* de la statistique, ou encore *situation typique*, *situation représentative* ou *situation générique*. La connaissance de ces situations

fondamentales de la statistique permettrait de nous informer pour l'élaboration de situations didactiques efficaces pour la formation en statistique.

Nous allons dans un premier temps reprendre l'analyse des facteurs qui peuvent caractériser une situation fondamentale de la statistique et moduler ses formes. Dans un second temps, nous ferons un retour sur les apprenants de la statistique. Dans un troisième temps, nous focaliserons notre attention sur deux opérations fondamentales de la statistique que sont la modélisation et la simulation. Enfin nous conclurons en portant notre regard sur la question des situations didactiques de statistique.

1. Retour sur les facteurs caractérisant les situations fondamentales de la statistique.

La perspective ici adoptée postule que nous considérons le cadre de la didactique de statistique comme un cadre théorique d'intelligibilité des phénomènes liés à la formation en statistique et au traitement des problématiques qu'ils génèrent. Elle postule aussi que les questions de la formation de l'esprit statistique et du raisonnement statistique orientent la façon dont les problèmes sont posés.

Une question demeure sur le sens que nous donnons à la notion d'*esprit statistique*. Nous avons déjà tenté de le préciser (Régner 2002) en le fondant sur le rapport que le sujet entretient à l'égard de l'incertitude et de l'erreur, facteurs inhérents à tout acte humain de prise de décision. Mais cela n'en clôt pas l'extension et un travail reste à faire pour savoir mieux ce dont nous parlons en terme de formation. Le développement de l'esprit statistique est lié à celui du niveau de conceptualisation du risque encouru dans une prise de décision et de celui de la compétence à produire une modélisation de son contrôle, qui ne laissent plus l'exclusivité à une compréhension ou une explication fondées sur une conception spontanée du hasard et du déterminisme, empreinte parfois de fatalisme ou d'animisme. L'esprit statistique requiert un renoncement à l'usage systématique de l'idée de *vérité* pour chercher à maîtriser celle de *vraisemblance*, de *plausibilité*. Dans *De la vérité autoproclamée à la vraisemblance reconnue*

(Régnier 1998), nous avons tenté de répondre à deux questions posées par des étudiants de licence de Sciences de l'éducation (L3 actuel) :

- *Comment peut-on reconnaître et contrôler les risques encourus lors d'une prise de décision en situation incertaine ?*
- *Quelle place et quel rôle tiennent les notions de significativité d'un résultat et de représentativité d'un échantillon dans la prise de décision ?*

Dans une perspective instrumentale au travers d'une situation problème de type étude de cas, des outils conceptuels et techniques de la statistique sont rendus accessibles à l'apprenant afin qu'il les conceptualise et les acquière pour les transformer en *instruments psychologiques* (Vygostki 1985) (Rabardel 1995) actualisables dans le contrôle d'une classe de prises de décision en situation incertaine.

Trois modes de raisonnement sont sollicités : la déduction, l'induction et l'éduction, autour desquels s'organise l'interprétation statistique, en s'intégrant au raisonnement statistique. (Figure 1)

Développer *l'esprit statistique* consiste en leur acquisition et en leur *manipulation consciente* pour conduire un *raisonnement statistique* et étayer l'activité d'*interprétation statistique*.

Abordons maintenant le système didactique en usant d'une représentation tétraédrique (Figure 2).

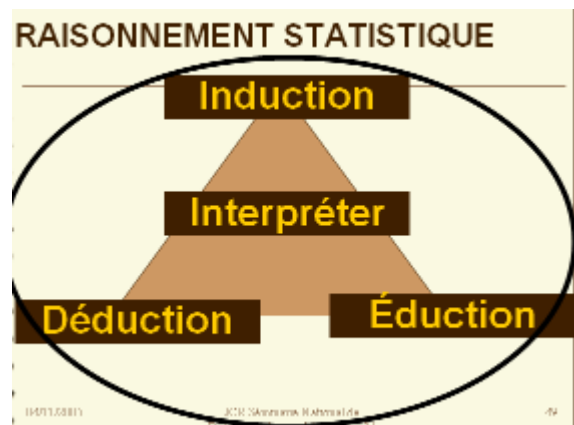


Figure 1 raisonnement statistique intégrateur

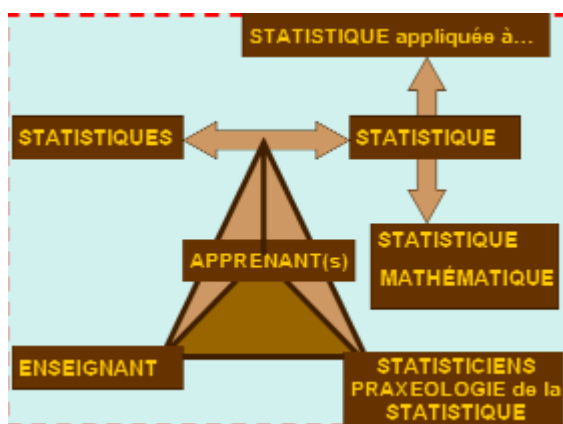


Figure 2 Tétrahédre didactique**Figure 3 Un milieu professionnel**

A côté des trois pôles habituels : enseignant, apprenant(s) et statistique, nous en identifions un quatrième que celui des pratiques sociales professionnelles de référence. Nous le désignons par les statisticiens et la praxéologie de la statistique. Ce pôle représente l'intégration d'un milieu socioculturel et professionnel autre que celui des enseignants aux objets à prendre en considération dans la théorie des situations didactiques de statistique. Le rôle de référence que joue ce milieu peut permettre d'identifier des obstacles macrodidactiques (au sens de Brousseau). La corporéité de ce milieu statistique (Figure 3) se manifeste à la fois dans des institutions universitaires et dans des organisations associatives au sein desquelles la science statistique se développe, ses paradigmes se débattent, les pratiques théorisées de la statistique et de son enseignement se confrontent, la formation en statistique y est organisée. Au niveau national, nous pouvons citer la SFDS¹, Société Française de Statistique. Au niveau international, l'IIS² Institut International de la Statistique et l'AIES, Association Internationale pour l'Éducation Statistique. Mais il y en a bien d'autres qui reflètent les courants et les domaines divers de la statistique. Elle se manifeste aussi par le biais de congrès, de colloques nationaux ou internationaux et des revues.

1.1.Qu'est-ce que la statistique ?

Le pôle savoir du système didactique repose sur la question récurrente : qu'est-ce que la statistique ? Comme nous tentons de le schématiser (Figure 4), nous considérons la statistique

¹ SFDS, Institut Henri Poincaré, 11 Rue Pierre et Marie Curie 75 231 Paris Cedex 05
<http://www.sfds.asso.fr/>

² <http://www.cbs.nl/isi/devfundtxt.htm>

comme un domaine scientifique qui se développe dans une tension dialectique entre la statistique mathématique et la statistique appliquée à.... Cette relation dialectique est elle-même en tension dialectique avec les statistiques au sens des données construites.

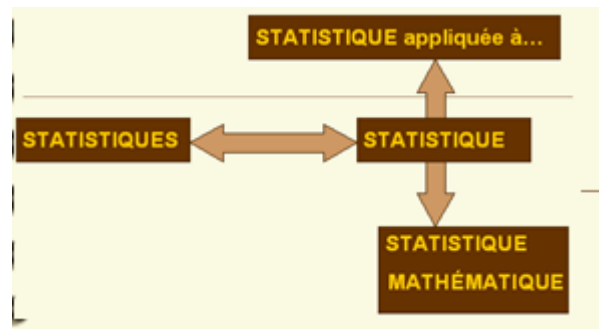


Figure 4 Statistique

Nous avons discuté cette approche dans

(Régner 2002). En ce qui concerne les usages du signifiant statistique, il en est un qui lui donne une fonction d'adjectif : analyse, variable, pensée, raisonnement, esprit statistique. En tant que substantif singulier, le terme statistique désigne le domaine scientifique. En ce sens nous parlons de didactique de la statistique comme de la didactique des mathématiques ou de la mathématique. Au pluriel, les statistiques, il désigne les données dont s'occupe la statistique. Ainsi nous considérons que l'expression : la didactique des statistiques ne convient pas pour désigner le cadre théorique pour penser la formation en statistique que nous ne confondrions pas avec une formation aux statistiques : par exemple qu'est une formation aux statistiques du chômage ?

Cette distinction est précisée chez des statisticiens de renom. Ainsi Daniel Schwartz considère que les statistiques sont des dénombrements de sujets, d'objets, d'évènements, dans des populations ou des sous-populations et que la statistique est un mode de pensée permettant de recueillir, de traiter et d'interpréter les données qu'on rencontre dans divers domaines. Pour Paul Deheuvels (Acad., 2000) les statistiques englobent la collecte et la gestion des grands fichiers d'observations alors que la statistique mathématique est la science du recueil et de l'interprétation des observations.

À côté des usages précédents, une statistique peut aussi être entendue comme une fonction des données échantillonnales, une variable aléatoire. La moyenne empirique, moyenne échantillonnale d'une variable statistique quantitative est une statistique. Si nous traitons de plusieurs statistiques, le pluriel réapparaît. Dans ce sens parler de didactique des statistiques s'apparenterait alors une expression du

type : didactique des variables aléatoires. Mais peut-on parler d'une didactique d'un concept ?

Tout ceci peut ne paraître qu'une querelle de mots et que l'usage indifférenciés des substantifs statistique et statistiques ne posent pas plus de problème que mathématique et mathématiques. Ceci n'est pas notre point de vue. Notre expérience professionnelle d'enseignement de la statistique et les observations systématiques que nous avons menées dans ce cadre, nous conduisent à émettre des conjectures sur l'origine de certains obstacles macrodidactiques dans leur lien avec cette confusion langagière. Des associations trop rapides entre les statistiques sociales par lesquelles l'apprenant se sent manipulé, et le cours de statistique confusément entendu comme cours de statistiques, sont propices à alimenter des résistances à l'apprentissage surtout quand en plus ces statistiques évoquent les mathématiques. Nous conjecturons que la confusion terminologique participe aussi d'obstacles épistémologiques à la constitution même du domaine de la didactique de la statistique au sein de la communauté des enseignants de mathématiques voire de celle des enseignants didacticiens.

Singulier ou pluriel, le substantif français utilisé pour la désignation du domaine scientifique, n'en résout pas pour autant la question de sa définition. Un regard historique nous conduit clairement à renoncer à obtenir une définition générale de la statistique. Dans ces conditions il y a tout lieu de croire que ce flou qui accompagne la délimitation du domaine de la statistique participe aussi d'un obstacle épistémologique à la construction de la didactique de la statistique.

Nous partageons le point de vue étayé de Guy Brousseau (2004) pour qui l'histoire de la statistique est intimement liée à la conception du monde et à la culture. Sans pour autant tomber dans le piège d'un effet Jourdain, nous pensons que les êtres humains ont une lecture du monde fondée sur un raisonnement-en-acte statistique (au sens de Vergnaud) et qu'une part des décisions prises pour lancer, réguler, réorienter ou arrêter leur action s'appuie sur une conceptualisation statistique sous-jacente implicite. Les êtres humains pour vivre au quotidien appliquent des théorèmes-en-acte de statistique intégrant des concepts-en-acte de statistique. Évidemment des erreurs en découlent, par exemple, les confusions

entre causalité et association, concomitance, corrélation. Cette confusion se retrouve d'ailleurs chez des individus lettrés ayant atteint des niveaux de conceptualisation élevés dans d'autres domaines scientifiques.

Une telle perspective s'accorde d'une caractérisation de la statistique conçue comme un instrument construit par les êtres humains pour lire et connaître le monde à partir de ses fragments, car ce monde ne peut jamais être appréhendé dans sa totalité spatiale et temporelle. Au XIX^{ème} siècle, la statistique est une réponse instrumentale et conceptuelle pour distinguer les causes régulières perturbées par les causes fortuites pour connaître un phénomène. Cette position est exprimée en 1836 par A.A. Cournot (1984). La distinction entre causes régulières et causes fortuites constitue un point d'ancrage du raisonnement statistique qui requiert une certaine façon de lire le monde, un certain mode de pensée, un certain esprit que nous nommons esprit statistique. L'orientation de la conception de Cournot se fonde sur le principe de compensation. Notons que la moyenne (arithmétique), enseignée avant tout comme un algorithme de calcul, constitue un outil mathématique concordant avec ce principe. Il ressort que cette orientation s'inscrit dans une relation étroite entre trois domaines : statistique, mathématiques et probabilités. Au XXI^{ème} siècle il convient d'y adjoindre le nouveau domaine de l'informatique.

Quand Yves Chevallard (1978) aborde, dans ses travaux pionniers, la question de la didactique de la statistique, il caractérise la problématique de la statistique — dans un sens proche de celui de Cournot — comme celle de la recherche et de la constitution d'une dialectique à caractère scientifique entre régularités et perturbations dans l'analyse des phénomènes marqués par la variabilité. C'est ce dernier concept qui nous semble fondateur de la statistique : la variabilité !. Ce concept est un formidable outil pour lire le monde. Chaque être humain s'y confronte quotidiennement qu'il s'agisse du temps météorologique, des durées de déplacement, etc. Chacun y est sensible et apporte des réponses aux problèmes que posent la variabilité, pour partie avec les concepts quotidiens, et ses concepts-en-acte, ses théorèmes-en-acte. Il doit être central dans la construction du champ de la didactique de la statistique.

Ceci nous amène à une autre définition de la statistique qui peut servir à organiser la transposition didactique dans les situations didactiques : sorte de langage commun, méthode générale reliant divers domaines scientifiques portant sur des ensembles d'individus, de variables et de relations conduisant à des conclusions plutôt vraisemblables et probables que vraies et certaines énonçant des propriétés de groupe valides sur des ensembles parfois mal définis.

Si nous souhaitons davantage insister sur l'orientation décisionnelle, nous dirions que la statistique peut être considérée comme un ensemble de méthodes permettant de prendre des décisions « bonnes » ou au moins « suffisamment bonnes » en situation incertaine. D'un point de vue praxéologique, cette orientation s'appuie sur l'idée générale que la méthode statistique pour étudier un phénomène consiste à associer un modèle aléatoire à ce phénomène, préciser ce modèle par l'observation, utiliser ce modèle pour prendre une décision.

À côté de la variabilité, deux autres concepts fondateurs de la statistique sont à considérer : représentativité et significativité. La variabilité est la raison épistémologique majeure de la statistique. La représentativité fonde la validité des énoncés produits par l'analyse statistique en tant qu'étude de la variabilité des individus (unités statistiques) sur la population (univers statistique) au regard d'un (des) caractère(s) propre(s) au(x) phénomène(s) étudié(s) à partir de la partie (échantillon). La significativité fonde le degré de confiance du choix dans la décision.

Considérant la praxéologie du statisticien, les actions fondatrices de la statistique sont identifiables au travers des verbes suivant (Tableau 1) :

Recueillir, construire, produire	⇒	Recenser, sonder, échantillonner, mesurer.
Traiter	⇒	Organiser, décrire, comparer, relier, ajuster, prédire, prévoir.
Interpréter		
Décider		

Tableau 1 Verbes d'actions de l'approche statistique

Ces actions fondatrices requièrent l'action préalable de modéliser. Nous n'explorerons pas ici le champ sémantique de modèle et modélisation. Le concept de modèle statistique et le processus de modélisation peuvent être abordés à

différents niveaux de conceptualisation et selon diverses perspectives. Nous reviendrons plus loin sur ces notions en lien avec l'interprétation.

1.2. Les représentations sociales et individuelles de la statistique et ses usages.

Pour nombre de nos concitoyens, la statistique se réduit aux statistiques et aux sondages d'opinion. De ces statistiques découlent des informations synthétiques largement médiatisées dans lesquelles la plupart du temps, ils ne retrouvent nullement leur singularité. Les décisions qui sont annoncées à grand renfort de média, visant davantage l'émotion que la raison, sont attribuées aux statistiques. Celles-ci deviennent la principale cause de leur malheur. Dans la société actuelle, la statistique (Thélot 2004) en tant que mesure des phénomènes et interprétations que celle-ci appelle, a atteint un niveau d'importance considérable que nous ne pouvons ignorer. Dans le même temps, il importe de prendre en compte les effets pervers de cette victoire de la statistique qui l'expose à un fort risque de discrédit. En France, un facteur de risque peut être chercher à la fois dans l'insuffisante formation en statistique et en probabilités des citoyens pour prendre en compte le mode de pensée statistique, mais aussi l'insuffisante recherche universitaire en statistique. Jean-Pierre Kahane soutient ce point de vue dans le rapport qu'il a dirigé (2002) et vise à ce que la formation scolaire contribue efficacement à la formation citoyenne en statistique et en probabilités. Cela suppose que les enseignants soient suffisamment formés en statistique pour assurer efficacement l'enseignement de la « statistique du citoyen ». Il y a là encore un objet de la didactique de la statistique qui se précise. En lisant attentivement le rapport sur l'enseignement des sciences mathématiques (Kahane, 2002) nous pouvons identifier un fait non anodin car, selon nous, il renvoie à la problématique de cette formation à la statistique du citoyen par l'intermédiaire de l'usage des signifiants. Nous avons débattu plus haut autour des termes *statistique* et *statistiques*. Force est alors de remarquer que le titre du chapitre 2 est *statistique et probabilités* tandis que celui-ci se transforme en *statistiques et probabilités* dans le sommaire. Pour nous il ne s'agit pas d'une simple coquille

mais une façon de révéler les confusions présentes dans les représentations sociales de la statistique.

Un autre exemple pour explorer le champ représentatif de la statistique, nous est fourni par l'article (Balian & al, 2004) sur « les savoirs fondamentaux au service de l'avenir scientifique et technique. Comment les réenseigner » écrit par sept éminents savants scientifiques français. Nous ne pouvons qu'être attentifs à leur point de vue car leur autorité scientifique incontestée constitue un poids important dans les orientations qui peuvent être prises à l'égard de la formation scolaire en statistique. Le propos qu'ils tiennent à l'égard des statistiques et l'usage même qu'ils en font, nous renvoie à des questions relatives au raisonnement statistique. Ils écrivent (Balian & al, 2004 p.4) : « Nous n'avons pas les moyens de procéder à une analyse globale et systématique du système éducatif français, mais au travers d'une enquête parmi toutes les personnes que nous avons eu l'occasion de rencontrer (...) nous avons enregistré (...) de(s) signaux alarmants. ». Nous avons là un indice relatif à une représentation relative à la question de la construction des données et celle de la représentativité. Ils ajoutent plus loin : « Comme nous l'expliquerons (...) l'utilisation des statistiques brutes qui ne tiennent pas compte du contexte n'a en général aucun sens, et nous n'accordons donc à celles-ci que très peu de valeur, sinon aucune. ». Leurs propos nous livrent des représentations sociales de la statistique que ces éminents savants véhiculent. Nous tenons peut-être là encore l'indice d'un obstacle épistémologique générateur d'obstacles macrodidactiques. Pourtant c'est en analysant les données d'un tableau statistique qu'ils mettent en cause le rôle d'ascenseur social de l'École. Voici le raisonnement tenu « L'état d'impréparation et le manque de connaissances structurées des jeunes quand ils obtiennent le baccalauréat est tel que (...) toutes les filières scientifiques se vident de leurs étudiants. De 1995 à 2001, le flux d'entrée des étudiants est passé de 34651 à 22151 en sciences de la matière, et de 17827 à 10795 en sciences de la nature et de la vie (...) Si les taux d'échec ne grimpent pas en flèche à l'université, c'est, (...) uniquement en raison d'examens et de barèmes de notation outrageusement complaisants au regard des programmes qui auraient dû être suivis. Même dans les filières d'excellence, nous

avons entendu, par exemple, des professeurs de certaines des meilleures classes préparatoires scientifiques de France témoigner que les étudiants leur arrivent sans savoir ce qu'est une démonstration et en ignorant jusqu'aux règles élémentaires de la logique(...) Quant au rôle d'ascenseur social que l'École joue, il est indubitablement en déclin, même si les statistiques officielles indiquent une progression de la fréquentation de l'université dans toutes les couches sociales. Cet indicateur (...) n'a strictement aucune signification puisque la plus grande partie des filières de l'université sont non sélectives et que leur démographie a explosé entre les années 1950 et 2000. Le seul indicateur qui vaille

est celui de l'entrée dans des écoles sélectives dont les effectifs sont restés à peu près stables. Dans ce cas, les chiffres parlent d'eux-mêmes et ils sont accablants (les résultats des années 2000-2004 prolongeraient probablement la tendance) »

*Part d'étudiants d'origine populaire en %
(enfants de paysan, ouvrier, employé, artisan ou commerçant)*

Sources : M. Euriat et C. Thélot, « Le recrutement des élites scolaires depuis quarante ans », Education et formation, juin 1995.

	1951-1955	1973-1977	1989-1993
École polytechnique (X)	21	12,2	7,8
École nationale d'administration (ENA)	18,3	15,4	6,1
École normale supérieure (ENS)	23,9	16,4	6,1
Hautes études commerciales (HEC)	38,2	nc	11,8
Ensemble grandes écoles	29	nc	8,6
Part dans la population des 20-24 ans	90,8	81,6	68,2

Ce raisonnement s'appuie bien sur une information de nature statistique. Il prend en compte la proportion des étudiants d'origine populaire ayant intégré l'École polytechnique, par exemple, ce qui conduit à dire que le taux passe de 21% à 7,8%. Il y a donc une forte baisse de la valeur de cette proportion. Mais la force du raisonnement statistique réside dans des outils mathématiques qui permettent d'améliorer la qualité de la comparaison. Il en est ainsi du recours à la fréquence conditionnelle. En effet sur la même période historique, la part de cette classe sociale populaire dans la population des jeunes de 20-24 ans a décliné de 90,8% à 68,2%. En comparant les rapports 21%/90,8% et 7,8%/68,2% nous constatons que la décroissance est moins abrupte que ne le donnent à voir les fréquences. Nous souhaitons mettre en évidence la nécessaire prudence méthodologique en tant que facteur intégrant de la praxéologie de la statistique, en particulier pour se prémunir de ce qui est pointé dans le paradoxe de Simson. Il s'agit d'identifier le « facteur de confusion » ou l'« effect modifier factor ».

Dans un travail de recherche portant sur la thématique de l'introduction d'un enseignement de la statistique au cycle 3 de l'école primaire en France, Bernard Coutanson (2004) s'est en particulier intéressé aux manuels scolaires, à l'évaluation que les enseignants en faisaient et à la connaissance qu'ils avaient de ce qu'il nomme des initiatives innovantes d'enseignement de la statistique. Il a procédé d'une part à une analyse de contenu relatif au domaine de la statistique d'un échantillon de manuels scolaires du cycle 3 et d'autre part à une enquête par questionnaire auprès d'un échantillon d'enseignants. Au terme d'une première étape, il ressort de l'analyse des données que les enseignants n'évaluent pas les insuffisances et les limites des propositions des manuels scolaires et méconnaissent les "initiatives". Dans cette optique, il constate alors que les manuels induisent, au détriment de la formation en statistique, en ce qui concerne les graphiques et les tableaux :

- un usage prioritairement mathématique des tableaux et graphiques
- un usage culturel (choix orienté des types de graphique, et tableaux statistiques, prépondérance de la lecture des seconds sur les premiers, peu de recours à une représentation iconique)
- une absence de questions intermédiaires, d'interprétation des données, d'anticipation.
- un défaut de sens réel accordé aux situations statistiques fournies
- un défaut du choix des postures attendues des élèves qui les conduit à rester dans des postures inadéquates à l'analyse statistique
- une absence d'activités autour de la production de données
- une très faible part accordée à l'interprétation de l'incertitude, à l'anticipation des résultats
- une restriction de l'angle d'observation statistique, quasiment focalisé sur la lecture / construction de tableaux et graphiques
- la lecture de la linéarité ou non des graphiques est plus mise en rapport à la proportionnalité que à l'analyse statistique
- une très faible évocation des repères statistiques conventionnels (moyenne, mode, médiane...),
- peu de situations proposées visant à créer une dialectique entre les formes de représentation de l'information : tableau, graphique et présentation littérale

Nous pensons qu'ici nous trouvons une entrée pour l'étude des obstacles microdidactiques. Les conclusions précédentes pourraient s'inscrire dans ce que pointe Guy Brousseau (2004) à travers la « subordination de la problématique

proprement statistique à l'ergonomie didactique et/ou mathématique qui modifie la nature, la signification et la fréquence des questions à traiter. ».

L'analyse statistique des données que nous avons construites au cours des années à partir d'enquêtes par questionnaire ou par entretien auprès d'échantillons issus de la population des étudiants de sciences de l'éducation (licence à doctorat), nous fournit des résultats intéressants. Quand on demande à des étudiants de licence (L3) de citer trois mots évoqués par la statistique en début d'année universitaire dans le cadre du cours de statistique et méthodes quantitatives, une forte proportion, de l'ordre de 1/3 à 1/2, l'associe à mathématiques ou des objets des mathématiques (calculs, chiffres, graphiques, etc.) et parmi ceux-ci une proportion importante, de l'ordre de 1/8 à 1/5, complète celle-ci en l'associant à une évocation négative du type suivant (Tableau 2) :

MATHEMATIQUES	COMPLEXE	DESAGREABLE	DEMANDE UN MODE PARTICULIER DE RAISONNEMENT
MATHEMATIQUES	DIFFICILE	ECHEC	
MATHEMATIQUES	INCOMPREHENSIBLE	MENSONGE	UN DOMAINE QUE JE NE MAITRISE PAS ET QUI PEUT MANIPULER L'OPINION PUBLIQUE

Tableau 2 mots évoqués par Statistique

L'analyse de données d'entretien confirme l'association à une souffrance que l'apprentissage des mathématiques a provoquée au cours de la scolarité.

1.3. Postures socioculturelles et obstacles macrodidactiques.

L'analyse statistique de ces données nous a aussi permis d'identifier ce que nous avons nommé *posture socioculturelle*. Celles-ci peuvent être prises en considération dans la recherche des situations fondamentales dans leur rôle de générateur de facilités ou de difficultés.

- [PSC1] Posture1 manifestée par un rejet de sens commun fondé sur une défiance totale à l'égard de la statistique assimilée confusément aux statistiques au travers de leurs usages sociaux.
- [PSC2] Posture2 manifestée par un rejet de sens commun chez des lettrés. L'argumentaire s'organise autour des idées suivantes : a) Il n'y a pas de démonstration statistique. b) La statistique n'est pas mathématique. c) La statistique n'est pas une science.

- [PSC3] Posture3 manifestée par un rejet de sens commun chez des lettrés fondé sur l'idée que la statistique est assimilée aux mathématiques et donc que l'attitude à l'égard de la statistique est tributaire de l'attitude à l'égard des mathématiques.
- [PSC4] Posture4 manifestée par une acceptation inconditionnelle fondée sur une conviction forte, une croyance inconditionnelle en des résultats issus de l'analyse statistique.
- [PSC5] Posture5 manifestée par une acceptation conditionnelle éclairée fondée sur l'idée que la statistique est une science sérieuse en laquelle le citoyen doit être formé avec un esprit critique.

Nous pouvons attendre de la formation scolaire (Figure 5) de base qu'elle contribue à développer chez les citoyens cette dernière posture [PSC5]

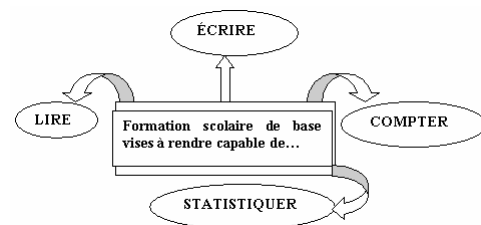


Figure 5 finalités de la formation scolaire

Des problématiques centrées sur la question de la prise en considération des représentations sociales dans le système didactique ou sur celle de la façon dont celles-ci agissent pour faire obstacle à la diffusion de la statistique dans la société devraient trouver en la didactique de la statistique, un cadre théorique tout à fait pertinent.

1.4 Qu'est-ce qu'un statisticien ?

Cette question est à la base du questionnement relatif à la praxéologie de la statistique. Qui peut donc se prévaloir d'être statisticien ? Tout comme pour la question sur la statistique, pour celle sur le statisticien, la réponse est tout aussi difficile à construire en raison de la complexité du domaine de référence. Toutefois en accord avec Guy Brousseau, nous pensons que le recensement des activités du statisticien est une entrée clé pour la recherche de situations typiques de la statistique. Selon Paul Deheuvels (Acad. 2000), nous pourrions distinguer cinq grandes catégories de métiers (Tableau 3) :

Les chercheurs en statistique	Les ingénieurs statisticiens	les statisticiens d'entreprise	Les statisticiens spécialistes	Les statisticiens officiels
-------------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

Tableau 3 métiers de la statistique

Il convient d'aller explorer chaque catégorie afin d'en expliciter les caractéristiques les plus saillantes. Celles-ci agissent alors comme des pratiques sociales professionnelles de référence qui orientent la construction des situations fondamentales. Cependant la variété, la complexité réelle et aussi la variabilité des tâches à accomplir par un statisticien ne se laissent pas facilement caractérisées par un nombre réduit de paramètres. Le risque est grand de réduire ces caractéristiques à des représentations stéréotypiques prises pour prototypiques.

Examinons maintenant les tâches dans une approche statistique d'un phénomène. Il est clair que, dans l'exercice de son métier, un statisticien n'est pas conduit à accomplir l'ensemble de ces tâches. Son activité peut ne consister qu'à intervenir seulement à l'intérieur d'une seule tâche à un moment donné. (Tableau 4)

[TS01]	Problématiser dans un cadre théorique T pertinent pour l'étude du phénomène qui requiert un modèle Mod(T).
[TS02]	Construire un modèle Mod(S) dans le cadre de la statistique qui intègre un modèle Mod(M) du cadre des mathématiques.
[TS03]	Formuler des énoncés hypothétiques dont la mise à l'épreuve par une approche statistique est pertinente.
[TS04]	Construire les données à partir d'un protocole explicite et congruent aux modèles Mod(S) et Mod(T).
[TS05]	Traiter les données dans le cadre du modèle Mod(S) et du modèle sous-jacent Mod(M)
[TS06]	Interpréter dans le cadre du modèle Mod(S) et du modèle sous-jacent Mod(M)
[TS07]	Interpréter dans le cadre du modèle Mod(T)
[TS08]	Décider dans le cadre de modèle Mod(S) et du modèle sous-jacent Mod(M)
[TS09]	Décider dans le cadre du modèle M(T)

Tableau 4 mots évoqués par Statistique

Cette chaîne de tâches à accomplir est aussi celle qu'un chercheur non statisticien doit mettre en œuvre en devenant usager de la statistique.

Maintenant quand bien même nous adopterions une définition circulaire de la statistique disant que c'est ce que font les statisticiens, comment dans la complexification de la science statistique issue de l'immensité de son champ d'application, de la variété de ses usages, de la diversité tant de ses usagers que de

ses chercheurs-créateurs pouvons-nous caractériser une situation fondamentale optimale de la statistique. Il semble se dégager qu'elle doit permettre la mise en œuvre de la chaîne des opérations [TS01] à [TS09] présentées dans le tableau ci-dessus et que nous pouvons résumer aux verbes d'action (Tableau 5) :

Problématiser Modéliser	Construire	Traiter	Interpréter	Décider
----------------------------	------------	---------	-------------	---------

Tableau 5 verbes d'action fondateurs de l'analyse statistique

2.Retour sur les apprenants engagés dans une formation en statistique.

2.1 De quels apprenants parle-t-on ?

Il semble important de prendre en compte la situation dans laquelle se trouvent les apprenants en relation aux finalités de la formation qu'ils suivent. Une catégorisation est utile pour repérer les invariants des situations didactiques qui découleront des caractéristiques des situations fondamentales de la statistique congruentes à formation en Nous avons identifié huit catégories (tableau 6) :

[AP1]	Élève de l'École primaire
[AP2]	Collégien
[AP3]	Lycéen
[AP4]	Étudiant-statisticien
[AP5]	Étudiant d'une discipline faisant un usage important de la statistique
[AP6]	Étudiant d'une discipline ne faisant pas ou peu usage de la statistique
[AP7]	Professionnel statisticien
[AP8]	Professionnel non statisticien faisant usage occasionnel de la statistique

Tableau 6 catégorisation a priori des apprenants

Les travaux de Guy Brousseau ont, à notre connaissance, plutôt porté sur [AP1]. Dans les nôtres, les sujets-apprenants sont plutôt des étudiants non-spécialistes dans une discipline académique, les sciences de l'éducation, où traditionnellement il est fait peu usage de la statistique. Ils relèvent de [AP6]. Jean-Claude Oriol (Oriol & Régnier, 2003a, 2003b, 2004) travaille avec des sujets-apprenants qui sont des étudiants-statisticiens [AP4] et des étudiants usagers de la statistique [AP5].

Il est clair que ces huit classes se caractérisent par une hétérogénéité inter-catégorielle forte à laquelle il faut adjoindre une homogénéité intra-catégorielle fluctuante.

2.2 Place de la formation en statistique dans une formation en...

Nous avons déjà tenté d'analyser finement cette question (Régner 2002) et nous avons été conduit à caractériser cette place au regard du statut qui nous pouvons donner à la discipline de statistique. Nous avons identifié cinq modalités de statut (Tableau 7) :

[STATUT1]	Discipline de base.
[STATUT2]	Discipline de service, discipline-outil
[STATUT3]	Discipline d'ouverture
[STATUT4]	Discipline-objet de la didactique de la statistique
[STATUT5]	Discipline-objet de la recherche en statistique dans son application à la recherche en ...

Tableau 7 **catégorisation a priori des statuts de la statistique en tant que discipline académique**

Les situations fondamentales sont à référer au statut pertinent à prendre en compte pour une catégorie d'apprenants. La question de l'engagement des sujets dans le processus d'apprentissage de la statistique est soumise à la question des finalités déterminées par le statut de la statistique dans la formation spécifiée.

3.Retour sur la modélisation et l'interprétation.

3.1 Un modèle minimal

Les trois concepts premiers de la statistique sont : population, individu et variable statistique. Ainsi étudier un phénomène par une approche statistique requiert de le modéliser en spécifiant ce que représentent le plus précisément possible les trois concepts. En tant que résultat du processus de transposition didactique, nous proposons le schéma (Figure 6) suivant :

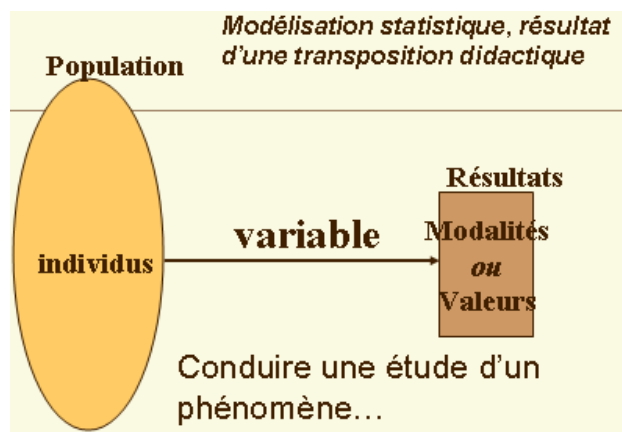


Figure 6 modèle minimal

Il s'en suit un travail sur la classification des variables statistiques selon la nature et les propriétés des réalisations de la variable : qualitatif, quantitatif, ordonné ou non. Le quatrième concept de base est celui d'échantillon, à savoir sur quelles unités statistiques allons-nous recueillir des données. Ce niveau de conceptualisation est, selon nous, un niveau minimal de développement cognitif qu'une situation fondamentale doit permettre en offrant un champ de questionnement adapté.

Évidemment à niveau plus élevé de conceptualisation, les sujets pourront alors tenté d'opérationnaliser des énoncés du genre : on appelle modèle statistique un triplet (X, \mathcal{S}, \wp) où X est un ensemble appelé espace de résultats, \mathcal{S} est une tribu de parties de X et \wp est une famille de probabilités sur l'espace mesurable (X, \mathcal{S}) .

Une fois encore, il nous paraît important de considérer la question de la place et du rôle que tient l'activité de modélisation dans la formation de l'esprit statistique et du raisonnement statistique comme un objet pertinent de la didactique de la statistique.

Nous tenons le schéma suivant (Figure 7) comme un schéma paradigmatique rendant du lien entre la modélisation statistique et le raisonnement statistique.

	Connu	Inconnu
Certain	X	A ?
Incertain	Ω	X

Figure 7 finalité du raisonnement statistique

Il s'agit de trouver un modèle qui va permettre de rendre connaissable une propriété certaine mais inconnue d'un objet d'étude. Le modèle devient un instrument cognitif du raisonnement statistique. Dans l'esprit statistique, ce raisonnement s'appuie sur une préférence donnée à une connaissance incertaine en tant que connaissance vraisemblable, plausible plutôt qu'à l'ignorance. Dans notre conception, l'instrumentation statistique vise au travers des modèles construits à assurer un contrôle du risque d'erreur encouru. Cette acceptation du risque dans un raisonnement à visée scientifique est nodale dans l'esprit statistique et passe très probablement par une sorte de catharsis analogue à celle dont parle Bachelard dans la formation de l'esprit scientifique. Dans le cadre des tests d'hypothèses statistiques, nous pouvons voir opérer ce raisonnement statistique. Nous le schématisons par un tableau (Figure 8) :

		« Situation de nature » inconnue	
		Ho vraie H1 fausse	H1 vraie Ho fausse
Décision du chercheur	Rejeter Ho Conserver H1	Erreur de première espèce α	Correcte
	Conserver Ho Rejeter H1	Correcte	Erreur de seconde espèce β

Figure 8 Test et raisonnement statistique

3.2 L'interprétation statistique dans la formation de l'esprit statistique

Nous avons déjà abordé cette question dans (Régner 2002). Pour reprendre l'idée exprimée par Brigitte Escofier et Jérôme Pagès (Escofier & Pagès 1990 p.217-218), nous caractérisons *l'interprétation statistique* selon trois directions :

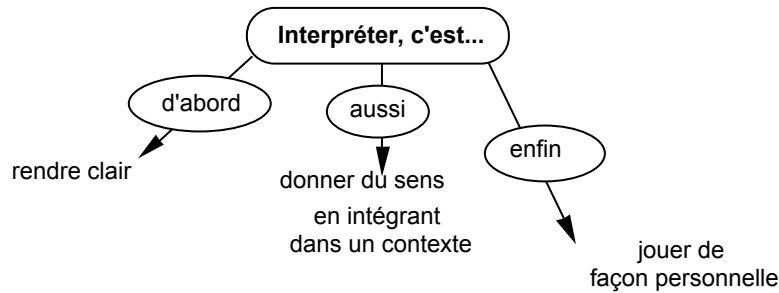


Figure 9 : Interpréter, c'est...

Dans le cadre de l'enseignement, la question de l'interprétation statistique émerge chez les étudiants [AP6]. Dès que le niveau de formation en statistique permet de maîtriser quelques-uns des outils conceptuels et techniques de base de la statistique, alors les étudiants soulèvent une série de questions dont le filigrane est celle de l'interprétation des données recueillies et traitées et des divers résumés d'information.

En rapport avec ce que nous avons dit plus haut en spécifiant les trois modèles imbriqués Mod(T), Mod(S) et Mod(M), une situation fondamentale doit donner les conditions à une différenciation de ces modèles et aux différents niveaux de l'interprétation qui leur sont attachés. Les questions relatives à l'apprentissage de l'interprétation statistique sont des objets pertinents de la didactique de la statistique.

Conclusion ou vers des situations didactiques favorisant la formation en statistique

Au terme de ce parcours réflexif, nous nous demandons quelles contributions avons-nous apporté à la construction de réponses à trois questions fondamentales : Comment produire des situations didactiques et avec quelle ingénierie didactique qui se rapprochent au mieux des situations fondamentales de la statistique ?

A quels obstacles et difficultés sont confrontés les apprenants selon leur statut, les contextes de formation et le statut de la statistique ?

Comment une situation didactique peut-elle être organisée sur des situations fondamentales « simulées » de la statistique ?

Lorsque nous faisons un inventaire des compétences mises en œuvre dans une activité statistique, il apparaît qu'au-delà de la maîtrise de concepts de mathématiques, de la maîtrise de logiciels informatiques, il y a aussi des compétences relatives à la lecture et la construction de tableaux et de graphiques dont l'importance peut être sous-estimée. Les compétences transversales et multiréférentielles que requiert l'analyse statistique peuvent conduire les sujets à un apprentissage très coûteux. Ce fait doit être pris en compte dans l'élaboration des situations didactiques.

Nous avons ainsi tenté d'organiser des situations didactiques en collège pour des apprenants [AP2] dont la problématique est proche de celle de Guy Brousseau dans la situation rapportée dans (Brousseau 2004). Il s'agissait d'estimer la proportion d'une catégorie de billes dans un sac ou de tester l'hypothèse relative à une proportion annoncée ou relative à l'égalité des proportions dans deux sacs. (Régnier 1998a). Une autre situation est présentée à partir de la lecture d'un article de presse quotidienne (Régnier 1998b).

Jean-Claude Oriol conduit une recherche dans laquelle la réalisation complète d'une enquête par questionnaire par des étudiants d'IUT [AP5] (Oriol 2002) est une activité conjecturée comme génératrice de connaissances de statistique. Il s'interroge, en particulier, sur le rôle et la place de l'enquête par questionnaire dans les conceptualisations présentes dans la formation en statistique. Nous voyons, dans l'enquête par questionnaire, une démarche prototypique de l'activité d'un statisticien propre à la détermination d'une situation fondamentale.

Par ailleurs, nous suivons depuis quatre années une expérience d'enseignement-apprentissage fondé sur l'élaboration d'un dossier³ (nommé dossier méthodologique) dans le cadre d'une formation en licence de sciences de l'éducation (L3) dans un dispositif FOAD⁴⁵ et E.N.T.-Campus Numérique FORSE. Nous avons déjà rendu compte des observations dans deux articles

³ La situation problème est présentée aux étudiants au moyen d'un document : *guide de l'élaboration du dossier méthodologique*, accessible à l'URL

http://perso.wanadoo.fr/jean-claude.regnier/joao_claudio/methode/dossierm1.htm

⁴ Formation ouverte à distance

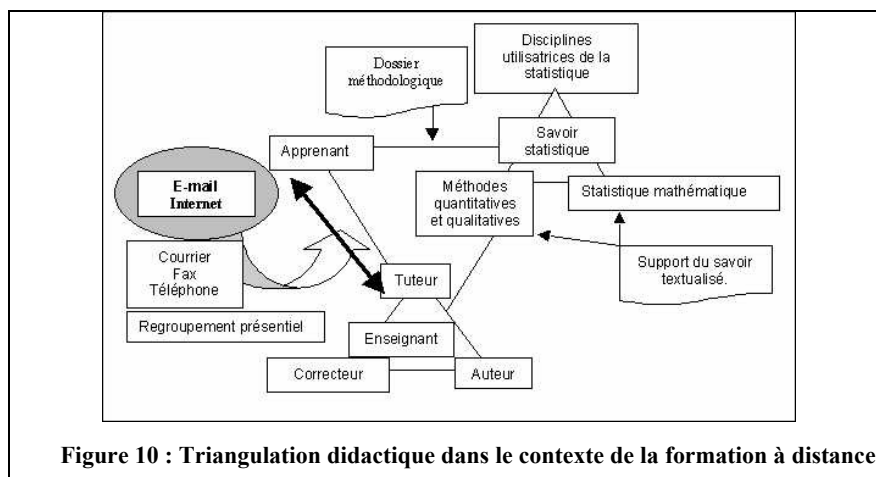
⁵ Environnement Numérique de Travail.

(Régnier 2003, 2005). Nous cherchons à analyser actuellement dans quelle mesure cette situation-problème constitue une situation fondamentale, c'est à dire dans quelle mesure elle engendre un processus d'acquisition-construction de notions et techniques de la statistique fondé sur des questions qu'elle induit et des réponses qu'elle appelle. Nous cherchons à y retrouver les caractéristiques d'un processus d'apprentissage fondé sur le tâtonnement expérimental (Régnier 1988)

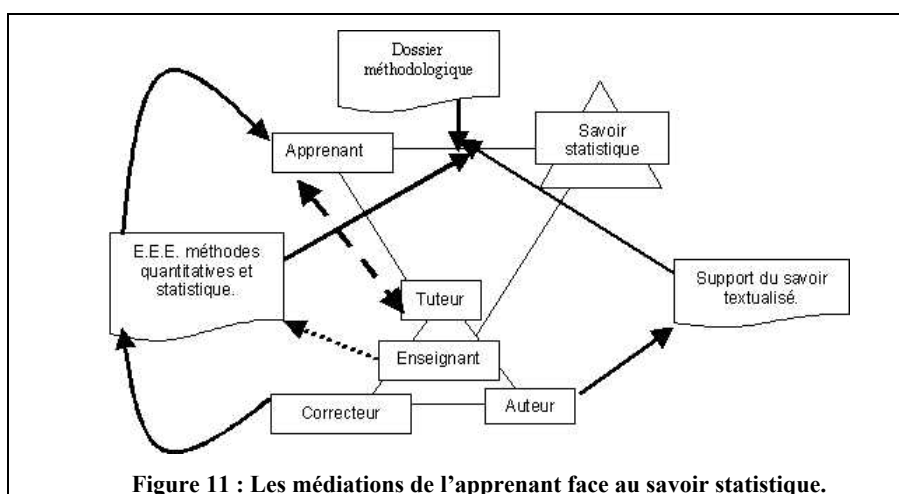
L'analyse de l'action didactique visant la formation en statistique dans un tel dispositif requiert la prise en compte de deux dimensions :

- celle de l'enseignement-apprentissage de la statistique pour des étudiants [AP6] novices et non spécialistes (Régnier 2002)
- celle du milieu : situation de formation à distance qui requiert de la part de l'étudiant des compétences spécifiques d'autoformation assistée et un degré d'autonomie suffisant lui permettant d'assumer la situation de présence-absence de l'enseignant.

Si nous cherchons à nous appuyer sur la théorie des situations didactiques (Brousseau 1998) en mobilisant le modèle systémique de la triangulation didactique, nous trouvons évidemment les trois pôles : *enseignant* — *apprenant* — *statistique*, mais le *milieu* dans lequel se déroule l'action didactique, n'a plus la même réalité que celle de la salle de classe. L'apprenant est physiquement isolé. Les relations *apprenant* — *enseignant* s'organisent dans une dialectique de la présence-absence au sein d'une salle de classe *virtualisée*. Le pôle *enseignant* est lui-même un système constitué par : *correcteur* — *auteur* — *tuteur*. La relation entre l'*auteur* du cours de statistique et méthodes quantitatives et l'*apprenant* ne se réalise qu'au travers du *support* : ouvrage en papier, et plus tard le support numérique hypermédiatisé, qui contient le savoir statistique textualisé produit de l'opération de transposition didactique.



La mise en relation de l'apprenant avec le savoir statistique est d'abord réalisée par l'intermédiaire du support de cours contenu du savoir textualisé assorti de situations problèmes qui conduisent à la mise en application des concepts et des techniques présentés, et dont les étudiants assument, de manière autonome, la résolution et l'autocorrection à partir de documents intégrés. La différence avec l'enseignement « en présentiel » réside dans le fait que ce savoir n'est pas l'objet d'une verbalisation orale assortie de divers commentaires régulés en fonction des réactions des étudiants. Certes dans la forme hypermédiatisée, nous pourrions concevoir des séquences audiovisuelles d'intervention de l'enseignant-auteur, mais là encore les interactions ne peuvent être prises en compte. À ce stade, l'outil Internet constitue également une immense banque de ressources disponibles en temps réel mais il soulève aussi une question pour le novice à savoir celle du contrôle de la validité de leurs contenus.



Dans cette relation au savoir statistique, une situation problème est aussi proposée à l'étudiant dans une forme proche de celle à laquelle il sera confronté lors de l'examen final. Cette situation problème fait l'objet d'une hétérocorrection et d'hétéro-évaluation par l'enseignant-correcteur dont l'étudiant reçoit les résultats avec un document corrigé-guide. À ce jour, dans le cadre de ce dispositif, les réactions des étudiants à l'évaluation de cette tâche sont principalement recueillies par l'enseignant-tuteur, mais elles sont aussi exprimées au travers des échanges réalisés par e-mail.

Le type de ces situations problèmes s'apparente à celui auquel les apprenants sont confrontés dans le cadre des situations didactiques en mathématiques. Mais il semble que l'apprentissage de la statistique requiert une condition supplémentaire qui passe par une mise en œuvre effective des concepts et techniques au travers d'une situation problème de statistique appliquée. C'est, selon nous, une condition que la didactique de la statistique doit prendre comme nécessaire et qui n'est pas requise par la didactique des mathématiques. Si l'apprentissage des mathématiques passe par la résolution de problèmes de mathématiques qui peuvent demeurer internes au champ, il ne semble pas possible de concevoir l'apprentissage de la statistique sans que l'apprenant ne soit confronté à des situations problèmes qui le conduisent à recourir à la modélisation statistique d'une situation hors du champ de la statistique. C'est ce que nous nommons pour des raisons de commodité langagière : situation problème de statistique appliquée.

C'est dans cette perspective que la tâche de réalisation du *dossier méthodologique* est proposée aux apprenants. Elle est donc considérée comme une opération de médiation entre le sujet-apprenant et le savoir statistique. La situation s'apparente à une situation *adidactique* (Brousseau 1998 p. 58-60) aménagée à des fins didactiques en ce sens qu'elle détermine les connaissances du champ de la statistique enseignées dans le moment de cette formation, et le sens particulier qu'elles prennent sous l'effet des transformations de la situation *fondamentale* dans le champ de la statistique mathématique. Elle s'appuie aussi sur le fait que la compréhension d'un concept de statistique ne peut être développée en dehors

d'une référence à un champ conceptuel en tant qu'ensemble de situations dans lesquelles opère le concept (Vergnaud 1991 p.135. Dans cette situation d'enseignement-apprentissage, le *contrat didactique* qui se noue entre le sujet-enseignant et le sujet-apprenant dans le cadre de la théorie des situations didactiques de mathématiques, s'avère ici se décliner en fonction des trois acteurs enseignants : enseignant-auteur, enseignant-tuteur et enseignant-correcteur. Chacun à son niveau intervient dans la gestion du *contrat didactique*. Toutefois la place de l'enseignant-tuteur lui confère un rôle de régulateur spécifique dans la mesure où il est le seul à pouvoir échanger verbalement avec les apprenants qu'il accompagne et guide.

Références.

- ACADÉMIE DES SCIENCES (2000) *La statistique* Rapport sur la science et la technologie n°8, Paris : Éditions TEC&DOC
- BALIAN, R. & al (2004) Les savoirs fondamentaux au service de l'avenir scientifique et technique. Comment les réenseigner *Les Cahiers du débat* Fondation pour l'Innovation Politique.
- BATANERO, C. (2001) *Didáctica de la Estadística* GIEE Universidad de Granada ISBN 84-699-4295-6
- BLANCHARD-LAVILLE C. (1980) *Les étudiants de psychologie face à l'enseignement de statistiques (analyse des réponses à un test de mathématiques et à des questionnaires d'opinion.)* Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université Paris VII
- BLANCHARD-LAVILLE, C. (1981) Les dimensions affectives de l'apprentissage des statistiques, *Éducation Permanente* (61) pp.41-62
- BROUSSEAU, G., (1998) *Théorie des situations didactiques*, N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, V. Warfield (Eds.) Grenoble : La Pensée Sauvage
- BROUSSEAU, G. (2004) *Situations fondamentales et processus génétiques de la statistique* XII Ecole d'été de didactique des mathématiques.
- CHEVALLARD, Y. (1978) *Notes pour la didactique de la statistique* I.R.E.M. d'Aix-Marseille. 395 p. + annexes
- COURNOT, A. A., (1984) *A.A. Cournot, œuvres complètes*. Tome 1 : *exposition de la théorie des chances et des probabilités*, B. Bru (Ed.), Paris : Librairie J. Vrin, 385 p.,
- COUTANSON B. (2004) *Introduire un enseignement de la statistique au cycle 3 de l'école primaire en France*. Mémoire de DEA de Sciences de l'éducation. J.C Régnier (Dir.) Université Lyon2
- ESCOFIER, B., PAGÈS, J., (1990) *Analyses factorielles simples et multiples : objectifs, méthodes et interprétation*, Paris : Dunod 2^{ème} éd. 267 p.
- KAHANE, JP (dir.), (2002) *L'enseignement des sciences mathématiques* CREM Paris CNPD/Odile Jacob
- ORIOU, JC RÉGNIER, JC, (2004) Loi de Benford et Pratique d'enquêtes par questionnaires : un exemple de situations didactiques en statistique *Actes des XXXVIèmes journées de statistique SFDS*

- ORIOU, JC, RÉGNIER, JC, (2003a) Fonctionnement didactique de la simulation en statistique. Exemple de l'enseignement du concept d'intervalle de confiance. *Actes des XXXVèmes journées de statistique SFDS* pp.743-750
- ORIOU J-C, RÉGNIER J-C, (2003b) Fonctionnement didactique de la simulation en statistique dans l'enseignement du concept de corrélation, *Espace Mathématique Francophone 2003*, Tozeur, Tunisie
- ORIOU J-C, (2002), Réaliser une enquête par questionnaires : un outil didactique pour la statistique inférentielle à l'Université , in 3ème Rencontre Europe-Amérique-Latine sur la formation technologique et professionnelle, La Havane, Cuba
- PARZYSZ B. (2003) L'enseignement de la statistique et des probabilités en France: évolution au cours d'une carrière d'enseignant (période 1965-2002) in *Probabilités au Lycée* APMEP n°143
- RÉGNIER, J-C, (1988) Étude didactique d'une méthode d'apprentissage fondé sur le tâtonnement expérimental de l'apprenant, *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, séminaire de Didactique des Mathématiques de Strasbourg, pp 255-279
- RÉGNIER, J-C, (1998)
- RÉGNIER, J-C, THOMAS, R., (1998a) La prise de décision risquée en situation incertaine : élément pour une séquence didactique visant l'acquisition du raisonnement statistique, in J-C Girard, J-C Régnier et al. (Eds), *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment ?* , Villeurbanne : IREM / Université Claude Bernard, pp 189-201
- RÉGNIER, J-C, (1998b) Lire un article de journal de la presse ordinaire, *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment ?* , in J-C Girard, J-C Régnier, et al. (Eds), *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment ?* , Villeurbanne : IREM / Université Claude Bernard, pp 127-133
- RÉGNIER, J-C, (1998c) De la vérité autoproclamée à la vraisemblance reconnue, in J-C Girard, D. Gros, P. Planchette, J-C Régnier, R. Thomas, *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde, Pourquoi ? Comment ?* Villeurbanne: I.R.E.M. de Lyon, pp 107-118
- RÉGNIER, J.-C. (2002) A propos de la formation en statistique. Approches praxéologiques et épistémologiques de questions du champ de la didactique de la statistique. In *Questions éducatives. L'école et ses marges*. Revue du Centre de Recherche en éducation de l'Université Jean Monnet de Saint-Étienne, n°22-23 décembre 2002 *Didactique des mathématiques*. pp. 157-201
- RÉGNIER, JC (2003) Statistical education and e-learning *Proceedings of Satellite Statistics & the Internet, Berlin, Germany*. IASE
- RÉGNIER, JC (2005) Étude des difficultés d'apprentissage de la statistique dans le cadre d'un enseignement à distance. Revue *Eduquer Psychologie et Sciences de l'Éducation*. Paris L'Harmattan.
- THÉLOT C. (2004) Statistique et Société in P. Ardilly (Eds) *Échantillonnage et méthodes d'enquête* Paris Dunod
- VERGNAUD, G., (1991) La théorie des champs conceptuels, *Recherches en Didactique des mathématiques*, 10/2.3, pp 133-169